



РОССИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ НАУК



ИНСТИТУТ БИОЛОГИИ ВНУТРЕННИХ ВОД

ИМ. И.Д. ПАПАНИНА РАН



РОССИЙСКИЙ ФОНД ФУНДАМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ



**ДЕПАРТАМЕНТ ОХРАНЫ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ И ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЯ
ЯРОСЛАВСКОЙ ОБЛАСТИ**

АНТРОПОГЕННОЕ ВЛИЯНИЕ НА ВОДНЫЕ ОРГАНИЗМЫ И ЭКОСИСТЕМЫ

МАТЕРИАЛЫ

**V ВСЕРОССИЙСКОЙ КОНФЕРЕНЦИИ ПО ВОДНОЙ ЭКОТОКСИКОЛОГИИ,
ПОСВЯЩЕННОЙ ПАМЯТИ Б.А. ФЛЕРОВА**

И

СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ СОСТОЯНИЯ ПОВЕРХНОСТНЫХ ВОД В УСЛОВИЯХ АНТРОПОГЕННОЙ НАГРУЗКИ

МАТЕРИАЛЫ

ШКОЛЫ-СЕМИНАРА ДЛЯ МОЛОДЫХ УЧЕНЫХ, АСПИРАНТОВ И СТУДЕНТОВ

Борок, 28 октября - 1 ноября 2014 г.

ТОМ 1

тканях, следует отнести их жировую составляющую, половую принадлежность моллюсков, а также возраст особей для гептахлорированного конегенра ПХБ 180.

Список литературы

1. Битютская О.Е., Лавриненко О.И., Борисова Л.П. Биохимические особенности и биологическая ценность брюхоногого моллюска – *Rapana thomasiana* // Труды ЮгНИРО. - 2009. - 47. – С. 222 - 231.
2. Badiu, D., Coatu, V., Oros, A., Rosoiu, N., Barbes, L. Sanitary Comparative Characterization of Lipid Extracts From Mediterranean Mussel (*Mytilus galloprovincialis* Lmk.) and Hard-Shell Clam (*Rapana venosa*) of the Black Sea Coast // Cercetari Marine.- 2008. - 38. – P. 269 – 277.
3. Namiesnik J., Szefer P., Moncheva S., Arancibia-Avila P., Toledo F., Kang S. G., Gorinstein S. Determination of PAHs, PCBs, Minerals, Trace Elements, and Fatty Acids in *Rapana thomasiana* as an Indication of Pollution // Journal of AOAC International.–2010.–Т. 93.–№ 5. – С. 1600-1608.
4. Малахова Л.В., Жерко Н.В. Мониторинг хлорорганического загрязнения Севастопольских бухт // Материалы VII Междунар. семинара по магнитному резонансу (спектроскопия, томография и экология) (6-9 сент. 2004, Ростов-н/Д.). – С. 190 – 193.
5. Чухчин В. Д. Размножение рапаны (*Rapana bezoar* L.) в Черном море // Тр. Севастоп. биол. ст. – 1961. - 15. - С. 163 - 168.
6. Унифицированные методы мониторинга фонового загрязнения природной среды. – М.: Гидрометеиздат, 1986. – С. 82 – 95.

УДК 574.64

РОЛЬ ВОДНОЙ ЭКОСИСТЕМЫ СЕВЕРО-КРЫМСКОГО КАНАЛА В ТРАНСПОРТЕ ^{90}Sr НА ТЕРРИТОРИЮ КРЫМА ПОСЛЕ АВАРИИ НА ЧАЭС (ПО МАТЕРИАЛАМ 1992–1995 гг., 2012 г.)

Н.Ю. Мирзоева, С.И. Архипова, Н.Ф. Коркишко, И.Н. Мосейченко

Институт биологии южных морей им. А.О. Ковалевского
299011 Севастополь, Крым, Россия, natmirz@mail.ru

Представлены результаты радиоэкологического мониторинга водной экосистемы Северо-Крымского канала (СКК) в отношении загрязнения ее компонентов ^{90}Sr после аварии на ЧАЭС.

Ключевые слова: авария на ЧАЭС, Северо-Крымский канал, ^{90}Sr , коэффициенты накопления, дозовые нагрузки, прогнозные оценки.

Северо-Крымский канал (СКК) – оросительно-обводнительный канал, имеет протяжённость 403 км от Каховского водохранилища до Керчи в Крыму. СКК был построен в конце 50-х – начале 60-х годов минувшего века, предназначен для наполнения ряда крымских водохранилищ, а также для орошения земель сельскохозяйственного назначения на юге Украины и в Крыму [1]. В начале мая 2014 г. Украиной было начато строительство дамбы, что перекрыло русло СКК и поставку днепровской воды на территорию Крыма [2]. Результаты экологических исследований, проводимых в районе СКК до прекращения подачи воды в Крым, являются значимыми, как контрольные и инвариантные для данного химизма вод при последующем изучении экосистемы СКК после возобновления работы канала.

После аварии на ЧАЭС в 1986 г. радионуклиды, попавшие на поверхность рек Припять–Днепр в ближней зоне к ЧАЭС, включились в обменные процессы между водой, взвешенным веществом, донными отложениями, гидробионтами. Наибольшей подвижностью в водных экосистемах отличается ^{90}Sr , который практически максимально переходит в водную среду из выпавших на её поверхность радиоактивных аэрозолей, попавших в неё твердых частиц [3]. Было определено [4], что аварийный ^{90}Sr мигрирует из водоёмов района ЧАЭС в значительно удалённые регионы, такие, как Крым, по реке Припять в Днепр и каскад его водохранилищ, водоотводные каналы, основным из которых являлся СКК [5]. ^{90}Sr , в качестве радиотрассера [4], может характеризовать интенсивность гидрологических и биогеохимических процессов, происходящих в водных экосистемах.

Цель работы – выявление закономерностей распределения и миграции ^{90}Sr после аварии на ЧАЭС в живых и косных компонентах водной экосистемы СКК в период 1992–1995 гг., 2012 г., оценка последствия аварии на ЧАЭС для гидробионтов из СКК.

В соответствии с поставленной целью исследований в СКК были отобраны пробы воды, донных отложений, следующих видов водных растений: камыш озёрный (*Scirpus lacustris* L.),

рдест пронзеннолистный (*Potamogeton perfoliatus* L.), рдест гребенчатый, (*Potamogeton pectinatus* L.), уруть колосистая (*Myriophyllum spicatum* L.), роголистник тёмно-зелёный (*Ceratophyllum demersum* L.). Станции отбора проб в СКК в период 1992–1995 гг. и в 2012 г. показаны на рисунке 1.

Метод определения ^{90}Sr в объектах окружающей среды, соответствующий общепринятым в мировой практике, основан на: радиохимическом выделении радионуклида, измерении активности ^{90}Sr по черенковскому излучению его дочернего продукта ^{90}Y с использованием низкофонового жидкостного сцинтилляционного счётчика (LSC) LKB «Quantulus 1220», последующей математической обработке данных [4].

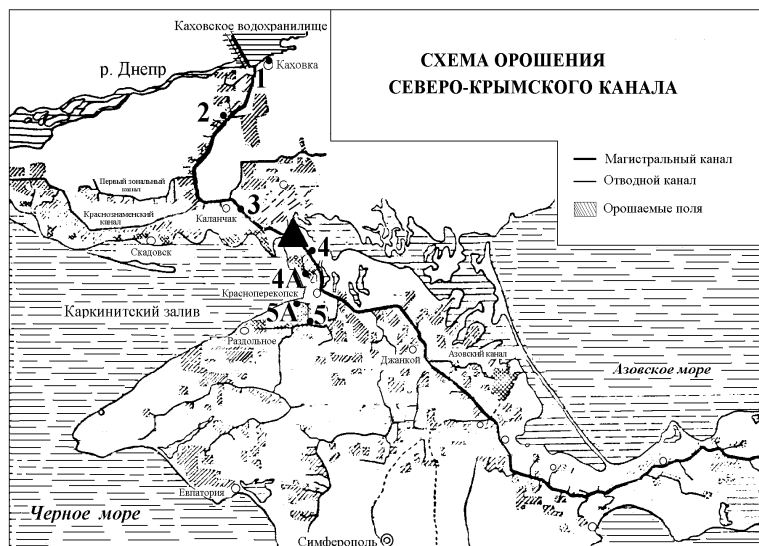


Рис. 1. Карта станций отбора проб в СКК (●) – в период 1992–1995 гг., (▲) – в 2012 г.

Известно, что до аварии на ЧАЭС концентрация ^{90}Sr в воде СКК была в пределах 4.1–6.8 Бк·м⁻³. После аварии на ЧАЭС в 1986 г. концентрации ^{90}Sr в нём резко возросли (до 52.3 ± 3.6 – 61.1 ± 7.3 Бк·м⁻³) в результате атмосферных выпадений [4]. Существенных вариаций концентрации ^{90}Sr вдоль магистрального русла канала не наблюдалось. В 1987 г. концентрация ^{90}Sr в воде СКК возросла в 9 раз, по сравнению с 1986 г., что было обусловлено достижением русла канала вод из верхнего течения Днестра [4]. Результаты наших исследований показали, что в период 1992–1995 гг. на входе в СКК (ст. 1, 0 км) средняя концентрация ^{90}Sr была наибольшей, а в конечной точке (ст. 5, 150 км) – наименьшей: 216.6 ± 9.7 Бк·м⁻³ и 135.0 ± 5.7 Бк·м⁻³, соответственно. Концентрации ^{90}Sr в сбросных водах (станции 4А и 5А) были в 1.7–3.4 раза меньше, чем в поливной воде, поступающей на орошаемые сельскохозяйственные угодья (станции 4 и 5) (рис. 1). Это, вероятно, было связано с изыманием из поливной воды и депонированием от 29 % до 58 % ^{90}Sr в поливной почве и живых компонентах орошаемого поля, что свидетельствовало как о самоочищении воды СКК, так и о радиоактивном загрязнении орошаемых земель Крыма.

На основании результатов проведённых нами мониторинговых исследований 1992–1995 гг. и литературных данных [4, 7] было получено, что тенденция изменения концентрации ^{90}Sr в воде СКК удовлетворительно описывалась экспоненциальной функцией, параметры которой позволили определить период снижения концентрации радионуклида в два раза – 7.6 года при $R^2 = 0.56$. Уровень концентрации ^{90}Sr в воде СКК в 2012 г. был равен таковому в 1986 г. и составил 56.2 ± 2.8 Бк·м⁻³. Корректировка периода уменьшения концентрации ^{90}Sr в два раза к 2012 г. (рис. 2) произошла в сторону его увеличения по отношению к ранее полученному результату (период составил 9.5 года при $R^2 = 0.75$). Это подтверждает факт хронического повторного поступления растворённого ^{90}Sr с водами Днестра на территорию Крыма в послеаварийный период 1986–2012 гг. Прогнозируемое уменьшение [7], концентрации ^{90}Sr в днепровской воде, подаваемой через СКК в Крым, к доаварийному уровню будет продолжаться приблизительно до 2056 года.

Таким образом, гидрологические и биогеохимические процессы, происходящие в водной экосистеме, а также радиоактивный распад, уменьшают в 3 раза время нахождения ^{90}Sr в воде СКК, по сравнению со временем существования 97 % атомов этого радионуклида. Отметим (рис. 2), что в 1986–2012 гг. концентрация ^{90}Sr в воде СКК не превышала ПДК для ^{90}Sr в питьевой воде (НРБУ–97/Д–2000) [4], (НРБ–99/2009) [6].

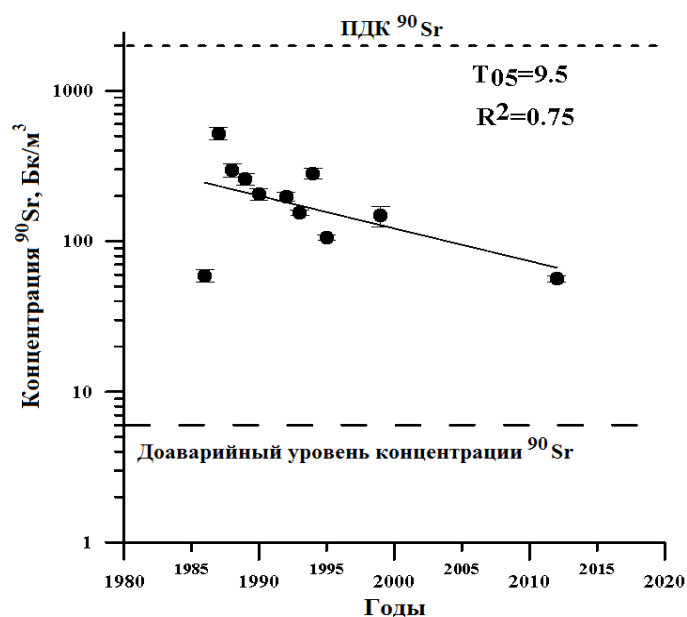


Рис. 2. Динамика среднегодовых концентраций ^{90}Sr в воде Северо-Крымского канала в период 1986–2012 гг. (T_{05} – период уменьшения концентрации ^{90}Sr вдвое)

В 1992–1995 гг. нами были собраны и проанализированы донные отложения СКК. Наблюдалась общая закономерность распределения концентрации ^{90}Sr в донных отложениях магистрального русла СКК: так же, как и в воде канала, по мере удаления мест отбора проб от начала СКК, концентрация ^{90}Sr в них уменьшалась (рис. 3).

На расстоянии 150 км от начала магистрального русла концентрации ^{90}Sr в донных отложениях составляли 33–52 % от таковых в начале канала (рис. 3).

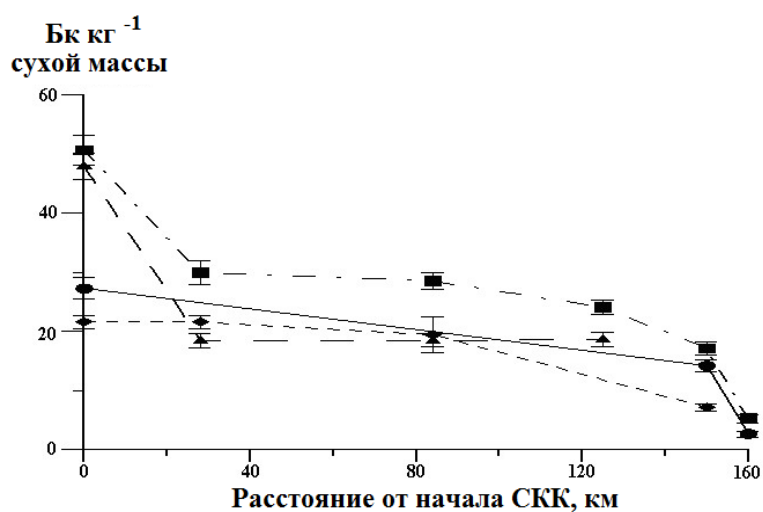


Рис. 3. Концентрации ^{90}Sr в донных отложениях магистрального русла СКК в 1992 г. (●), 1993 г. (▲), 1994 г. (◆) и 1995 г. (■)

В 2012 г. средняя концентрация ^{90}Sr в донных отложениях 75 км СКК была в 5 раз ниже ($4.3 \pm 0.4 \text{ Бк} \cdot \text{кг}^{-1}$ сухой массы), чем значения, полученные для этого района в 1992–1995 гг. Это связано, вероятно, с периодической чисткой русла канала, как искусственно-созданной для подачи воды системы.

Показано (табл.1), что концентрация ^{90}Sr в водных растениях уменьшалась почти в 3 раза по мере удалённости места отбора проб от начала канала на 84–160 км, что зависело от концентрации ^{90}Sr в воде. Наибольшая концентрация ^{90}Sr среди высших водных растений СКК наблюдалась в рдесте пронзённolistном. К 1994 г. средние концентрации ^{90}Sr превышали доаварийный уровень [4] в 1.3–2.4 в рдесте гребенчатом, роголистнике тёмно-зелёном, рдесте пронзённolistном,

соответственно. В 2012 г. концентрация ^{90}Sr в рдесте пронзеннолистном снизилась к доаварийным значениям.

Таблица 1. Концентрации ^{90}Sr (С) и коэффициенты накопления (K_H) ^{90}Sr в высших водных растениях СКК в 1993–1994 гг., 2012 г.

Виды высших водных растений	№ станции / км СКК	Год	Концентрация ^{90}Sr ,		K_H
			С, Бк·кг ⁻¹ воздушно-сухой массы, $\pm \sigma$	Вода, Бк·м ⁻³ , $\pm \sigma$	
Рдест пронзеннолистный	1 / 0 км	1993	4.5 ± 0.2	232.0 ± 10.1	19
	3 / 84 км		1.7 ± 0.1	151.0 ± 22.7	11
	1 / 0 км	1994	9.8 ± 0.8	262.0 ± 12.0	37
	2 / 28 км		10.0 ± 0.9	185.5 ± 27.8	54
	75 км	2012	2.7 ± 0.1	56.2 ± 27.8	48
Рдест гребенчатый	2, 28 км	1994	5.4 ± 0.4	185.5 ± 27.8	29
	5А / 160 км		1.6 ± 0.1	60.5 ± 9.1	27
Уруть колосистая	1 / 0 км	1993	2.9 ± 0.1	232.0 ± 10.1	13
		1994	3.7 ± 0.1	262.0 ± 12.0	14
Роголистник тёмно-зелёный	1 / 0 км	1994	6.0 ± 0.3	262.0 ± 12.0	23
Камыш озёрный (надводная часть)	1 / 0 км	1994	1.2 ± 0.2	262.0 ± 12.0	5

Значения K_H ^{90}Sr для водных растений СКК в период 1986–1994 гг. и 2012 г. находились в диапазоне от 5 до 54 (табл. 1). В изученных масштабах времени тенденции изменения концентрации ^{90}Sr в высших водных растениях СКК (табл. 1) отражали закономерности изменения концентрации этого радионуклида в воде (табл. 1). K_H радионуклида не зависели как от времени, так и от концентрации ^{90}Sr в воде.

Оценка поглощённых доз для гидрофитов из СКК от излучений послеаварийных ^{90}Sr – ^{90}Y произведена с использованием US DOE, 2001, 2002 [4, 7]. Сопоставление результатов со шкалой Зон хронического ионизирующего облучения [4] показало, что дозовые нагрузки от излучений ^{90}Sr – ^{90}Y за весь период наблюдения не достигли значений, способных оказать регистрируемое влияние на гидрофиты СКК.

По результатам проведенного исследования можно сделать следующие обобщения:

- Первичное загрязнение СКК ^{90}Sr в первые месяцы после аварии произошло в результате атмосферных выпадений на акватории исследуемого водоёма. Вторичное загрязнение СКК в 1986–1987 гг. было обусловлено транзитным поступлением ^{90}Sr из района аварии на ЧАЭС. Поступление ^{90}Sr в нижний Днепр водным путем значительно превосходило его поступление с атмосферными выпадениями.

- Получено, что тенденции изменения концентрации ^{90}Sr в воде СКК во времени, с достаточной степенью адекватности описываются экспоненциальными функциями. Период уменьшения концентрации ^{90}Sr в воде СКК вдвое составил 9.5 года. Прогнозируемое время снижения концентрации ^{90}Sr в днепровской воде, при возобновлении её подачи через СКК, до предаварийных уровней составит 70 лет с момента аварии на ЧАЭС. В 1986–2012 гг. концентрация ^{90}Sr в воде СКК не превышала ПДК ^{90}Sr для питьевой воды (НРБУ–97/Д–2000), (НРБ–99/2009).

- Примером изменения концентрации ^{90}Sr в донных отложениях водоёмов, в зависимости от их удалённости от ЧАЭС, являются результаты мониторингового исследования (1992–1995 гг.) уровней концентрации ^{90}Sr в донных отложениях магистрального русла СКК. На расстоянии 150 км от начала магистрального русла концентрации ^{90}Sr в донных отложениях составляли 33–52 % от таковых в начале канала.

- Тенденции изменения концентрации ^{90}Sr в высших водных растениях СКК отражали закономерности изменения концентрации этого радионуклида в воде. K_H радионуклида не зависели как от времени, так и от концентрации ^{90}Sr в воде.

- Дозовые нагрузки от излучений ^{90}Sr – ^{90}Y за весь период наблюдения не достигли значений, способных оказать регистрируемое влияние на гидрофиты СКК.

•Сопоставление рассчитанных доз, получаемых гидробионтами от излучения ^{90}Sr – ^{90}Y , со шкалой Зон хронического ионизирующего облучения, служит системой контроля радиозэкологического состояния водных экосистем и позволяет оценить последствия аварии на ЧАЭС для гидробионтов из водоёмов, различно удалённых от места аварии.

Список литературы

1. Вопросы развития Крыма: [науч.-практ. дискус.-аналит. сб. / науч. ред. Тарасенко В.С. и др.]. – Симферополь: Таврия-плюс, 1998. – Вып. 10. – 114 с.
2. СМИ: Украина признала, что прекратила поставлять воду в Крым (13 мая 2014 г.): <http://russian.rt.com/article/31752#ixzz3326g7UN>
<http://russian.rt.com/article/31752>
3. Апплби Л.Дж., Девелл Л., Мишра Ю.К. Пути миграции искусственных радионуклидов в окружающей среде. Радиозэкология после Чернобыля / Под ред. Ф. Уорнера и Р. Харрисона. – Пер. с англ. Н.П. Григорьева, Д.В. Гричук, Т.В. Никитиной и др. – М.: Мир, 1999. – 512 с.
4. Поликарпов Г.Г., Егоров В.Н., Гулин С.Б., Стокозов Н.А., Лазоренко Г.Е., Мирзоева Н.Ю., Терещенко Н.Н., Цыцугина В.Г., Кулебакина Л.Г., Поповичев В.Н., Коротков А.А., Евтушенко Д.Б., Жерко Н.В., Малахова Л.В. Радиозэкологический отклик Черного моря на чернобыльскую аварию / Под ред. Г.Г. Поликарпова и В.Н. Егорова. – Севастополь: НПП «ЭКОСИ-Гидрофизика», 2008. – 667 с.
5. Романенко В.Д., Кузьменко М.И., Евтушенко Н.Ю. и др. Радиоактивное и химическое загрязнение Днепра и его водохранилищ после аварии на Чернобыльской АЭС. – Киев: Наук. думка, 1992. – 196 с.
6. Нормы радиационной безопасности (НРБ – 99/2009): Санитарные правила и нормативы (СанПиН 2.6.1.2523 – 09): Утв. и введ. в действие от 01 сентября 2009 г. взамен СанПиН 2.6.1.758 – 99. Зарегистрированы в Министерстве юстиции РФ 14.08.2009, рег. № 14534: <http://base.garant.ru/4188851/#1000>
7. Mirzoyeva N.Yu., Egorov V.N., G.G. Polikarpov[†], 2013. Distribution and migration of ^{90}Sr in components of the Dnieper River basin and the Black Sea ecosystems after the Chernobyl NPP accident // Journal of Environmental Radioactivity. – 2013. – Vol. 125. – P. 27–35.

УДК594.124:574.64

ИССЛЕДОВАНИЕ ДИНАМИКИ НАКОПЛЕНИЯ РТУТИ В ТЕЛЕ ПРЕСНОВОДНЫХ ДВУСТВОРЧАТЫХ МОЛЛЮСКОВ *UNIO PICTORUM* РАЗНЫХ ВОЗРАСТОВ

Т.В. Осинкина¹, Г.Н. Соловых¹, И.В. Карнаухова²

¹ГОУ ВПО «Оренбургская государственная медицинская академия Минздрава России»
460000 Оренбург, Оренбургская обл., Россия, osinkina12@mail.ru

²ГОУ ВПО «Оренбургский государственный педагогический университет»
460000 Оренбург, Оренбургская обл., Россия

Исследовано содержание ртути в теле моллюсков *U. pictorum* разного возраста. Между возрастом моллюсков и содержанием ртути выявлена корреляционная связь. Возможная причина – падение фильтрующей активности и усиление концентрирования.

Ключевые слова: ртуть, гидробионты, фильтрующая активность.

Содержание химических элементов в гидробионтах обусловлено комплексом различных факторов, включающих физико-химические свойства элементов, экологические факторы среды, биологические особенности отдельных видов, а также возрастной изменчивостью микроэлементного состава водных организмов [1].

Количественный и качественный элементный состав беспозвоночных зависит от многих факторов. К важнейшим из них относятся видовые особенности организмов, приобретённые в процессе эволюции, физико-химические свойства элементов и химико-экологические условия существования моллюсков [2]. Моллюски являются важным функциональным звеном прибрежных морских и пресноводных экосистем, в которых могут завершаться циклы биохимических миграций элементов с последующей седиментацией. Моллюски являются фильтраторами и обладают способностью накапливать элементы техногенного происхождения в высоких концентрациях. В связи с этим данные организмы традиционно служат тест-объектами в качестве надёжного критерия оценки степени загрязнения прибрежных морских акваторий [1, 2]. Однако при рассмотрении пресноводных экосистем выясняется, что детальных исследований в области использования пресноводных двустворчатых моллюсков как биоиндикаторов водоёмов средней полосы практически не проводилось. В литературе также отсутствуют данные о